دراسة تحليلية وتكنولوجية لنظم بناء الطوب الزجاجى للعمارة

An analytical and technological study of the glass bricks building system for architecture

أ. د/ محمد على حسن زينهم

أستاذ دكتور بقسم الزجاج بكلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

Prof. Mohamed Ali Hassan Zenhoum

Professor in Glass Department Faculty of applied arts-helwan university

zana3r@hotmail.com

أ. د/ حسام الدين فاروق النحاس

أستاذ دكتور بقسم الزجاج بكلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

Prof. Hussameldeen Farouk elnahaas

Professor in Glass Department Faculty of applied arts-helwan university

Hussamelnahass@gmail.com

الباحث/ محمود محسن على

مصمم حر، بكالريوس فنون تطبيقية – جامعة حلوان 2014.

Researcher / Mahmoud Mohsen Ali

Freelance Designer

Mahmoud.mohsen607@gmail.com

ملخص البحث:

يعد الطوب الزجاجى ذو أهمية كبيرة لاستخدامه فى العمارة، وله تاريخ طويل. مراحل تصنيعه تطورت منذ بداية ظهوره سنة 1800م فى شكل تصنيع أولى نصف ألى حتى وصلت للشكل المعروف الحالى، الذي يعمل على مرور الضوء من خلاله فيوفر حجبا بصريا. ولقد تطورت صناعة الطوب الزجاجى اعتمادا على مبادئ أرجنومية الإضاءة في أوائل عام 1900م لتوفير الضوء الطبيعي في الصوب الزراعية للنباتات. ويستخدم الطوب الزجاجى في الجدران، الفواصل والقواطيع، ....الخ.

الطوب الزجاجى له نوعان حسب طريقة التشكيل الألية سواء بطريقة الكبس داخل قالب أو الصب فى قالب لتأخذ الشكل المطلوب المزخرف، وله أكثر من طريقة فى التركيب طبقا لكل نوع مختلفة عن الثانى، والطوب الزجاجى له أكثر من شكل وطريقة إنتاج طبقا للطريقة النصف آلية فى الإنتاج مثل طريقة الصهر داخل قالب فى الفرن لتكوين بلاطات نحتية زجاجية.

والطوب الزجاجى له مميزات منها: أنه يجعل للمكان إحساسا أكثر وسعا لأن له خاصية نفاذية الضوء من خلاله وتبدو انعكاسات الضوء رائعة فى وجود ضوء الشمس مع الزجاج الشفاف أو المصنفر، ويعد عازلاً جيداً للحرارة ويعطى منظراً جماليا رائعا فى الشكل وجودة عالية فى التحمل، ويتميز بشفافيته ومتوفر ألوان منه كثيره فيمكن اختيار ماتريده من الالوان على حسب الشكل والاستخدام؛ لذلك يستخدم فى وجهات المحلات بحيث يحجب الرؤية ويقوم بنفاذية الضوء، ويسهل تنظيفه. الطوب الزجاجى المجوف المصنع بطريقة الكبس الآلى لايحتاج للتشطيب أوالتلميع بعد الإنتاج مباشرة بخلاف النوع الآخر (الطوب الزجاجى المصمت)، استخدامات الطوب الزجاجى حديثا تنوعت عن ذى قبل وتطور شكله كثيرا بما يناسب الاستخدامات الحديثة وأصبح يمثل فى أغلب التصميمات الداخلية والخارجية.

الطوب الزجاجى يستخدم في التصميم الداخلي للعماره وفى الواجهات المعمارية فى الماضى وفى الوقت المعاصر؛ ليعطى جانبا وظيفياً وجمالياً. ومن منطلق تلك النقطة تتحدد المشكلة:

مشكلة البحث:

- قلة المعلومات عن التراكيب المختلفة واللواصق لأنواع الطوب الزجاجى وعن الاستخدامات الحديثة للطوب الزجاجى فى العمارة
- الحاجة إلى وجود أشكال متنوعة ومختلفة عن الشكل البنائى المعروف للطوب الزجاجى " المكعب " للتنوع فى الإستخدامات الحديثة فى العمارة.

هدف البحث:

- التوصل الي أهم الأساليب التكنولوجية الحديثة لانتاج الطوب الزجاجى وطرق التركيب المتنوعة فى العصر الحديث.

أهمية البحث:

- التوصل لأشكال مختلفة ومتنوعة هندسية أو من الطبيعة لتصميم القواطيع من الطوب الزجاجى تساعد المعماريين.
- نشر الوعي الفني لدى المصممين بجماليات ترابط الفواصل والقواطيع المكونة من الطوب الزجاجى.

ولحل مشكلة البحث والوصول الى الهدف يجب دراسة الآتى:

- **أولا:** ماهو الطوب الزجاجى ومراحل تطوره وأنواعه من حيث طريقة التشكيل فى العصر الحديث.
- **ثانيا:** نظم التركيب للقواطيع والفواصل من الطوب الزجاجى.
- **ثالثا:** دراسة تحليلية لأحد أنواع الطوب الزجاجى.

الكلمات المفتاحية:

الطوب الزجاجى – الأصول العلمية والتكنولوجية – التاريخ– المقاسات

Abstract:

Glass blocks have a great importance for use in architecture and have a long history. The stages of manufacturing have evolved since the beginning of the appearance in 1800's in the form of- manufacturing the first half of the production until it reached the current known form, which works through the light through which provides visual hides. The glass block industry was developed based on the principles of lighting ergonomics in the early 1900's to provide natural light in the plant's greenhouse. Glass blocks are used in walls, partitions, separators, etc.

Glass blocks have two types according to the method of automatic glass forming, whether in the form of pressing method inside the mold or casting method in a mold to take the desired shape embossed, has more than one method of composition according to each type is different from the other, and glass blocks have more than the form and method of production according to the half-automatic method in production into a mold in the furnace to form glass sculpture blocks.

The glass blocks have the advantages of: It makes the place a sense more efficient because it has the characteristic of the implementation of light through it and reflect the reflections of the lights are wonderful in the presence of sunlight with transparent glass or frosted glass, and is a good heat insulation and gives a beautiful aesthetic look in shape and high quality in the endurance, and is transparent and available colors. It can be chosen from the colors according

to the shape and use, so it is used in shops destinations so that the vision is obscured and light permeability, and easy to clean, the hallow glass blocks are manufactured by the method of automatic pressing does not need to finish and polishing after production directly other than the other type (solid glass blocks). The use of modern glass blocks has varied from before and its shape has evolved in a manner suitable for modern uses and has become the most of the interior and exterior designs. Glass blocks are used in interior design of architectural and architectural facades in the past and contemporary times; to give a functional and total aspect.
From that point the problem is determined:

Research problem:

- Lack of information on the different structures and adhesives for the types of glass blocks and the modern uses of it in architecture.
- The need for different forms and different from the structure known as the glass blocks "cube" for the diversity of modern uses in architecture.

Research Goal:

- To reach the most modern technological methods for the production of glass blocks and various installation methods in the modern era.

Research importance:

- Arranging various forms of engineering or nature to design the glass blocks that help architects keep up with design.
- Spread the technical awareness of the designers with the interconnectivity of the separators and partitions made of glass blocks.

To solve the problem of search and reach the goal, the following should be studied:

First: What are the glass blocks and stages of development and types in terms of modulation method in the modern era?
Second: Installation systems for partitions and separators of glass blocks.
Third: Analytical study of some types of glass blocks.
Keywords: glass blocks - Scientific and technological assets – the history – sizes.

المقدمة:

من مبادئ الهندسة التطبيقية الاستفادة من الأصول العلمية والتكنولوجية في بناء الأشياء وتنظيمها وتقويمها خاصة فى الهندسة المعمارية؛ لذلك كان على مصممى الزجاج والمعماريين دراسة أثر الضوء والعلاقات الهندسية البنائية فى الطبيعة والاعتبارات المؤثرة على التصميم والاستخدام.

الطوب الزجاجى يستخدم في التصميم الداخلي للعماره وفى الواجهات المعمارية فى الماضى وفى الوقت المعاصر؛ ليعطى جانباً وظيفيا وجماليا لدى المتلقى، إلا أنه عازلاً جيداً ضد الحرارة والبرودة بسبب الفراغ المملوء بهواء ساكن بالداخل، إلى جانب أنه يمكن أن يكون شفافاً أو ملوناً أو معتماً، كل ذلك مميزات تجعل الطوب الزجاجى الحل الأمثل فى معظم التصميمات المعمارية الحديثة. وترص الوحدات الزجاجية بعضه فوق بعض لعمل جدران توفر الخصوصية، ولكنها لا تحجب الضوء فأماكن استخداماته وتوظيفه كثيره ويستخدم أيضاً فى الفواصل والقواطيع الزجاجية داخل المبنى.

ومن المشاكل التى تواجه المصمم فى العصر الحديث وهى الوحدة البنائية للشكل وهو المربع أو المكعب المنتظم حيث إنه لايتغير كثيراً فى أى من تصميمات الوحدات المختلفة المعروفة , فالاختلاف يكون فى الألوان والتصميم البارز أو الغائر عليه فقط حيث إن بتغير الشكل بأى شكل آخر يعطى تنوعاً فى الأشكال الخارجية فى التراكيب المختلفة واستخدامات أكثر فى مختلف المجالات ، وحديثاً تنوعت الأشكال البنائية للطوب الزجاجي وحتى طريقة الإنتاج تغيرت بجانب وجود الطريقة القديمة للإنتاج المعروفة بالكبس الآلى بما يتناسب مع التطور التكنولوجى والعمارة الحديثة وتنوع الاستخدامات .

أولا: ماهو الطوب الزجاجى ومراحل تطوره وأنواعه من حيث طريقة التشكيل فى العصر الحديث

مراحل تطور تصنيع الطوب الزجاجي:

الطوب الزجاجي (البلاطة الزجاجية المجسمة)، هو عبارة عن وحدات معمارية مصنوعة من الزجاج، يمكن أن تختلف في اللون والحجم والملمس والشكل. يوفر الطوب الزجاجي حجباً بصرياً أثناء مرور الضوء من خلاله. وتطور الطوب الزجاجى الحديث اعتماداً على مبادئ ارجنومية الإضاءة في أوائل عام 1900م لتوفير الضوء الطبيعي في الصوب الزراعية للنباتات. وتستخدم الطوب الزجاجى في الجدران، الفواصل والقواطيع، ....الخ.

في أوائل عام 1800م [1]هى بداية ظهور استخدام البلاطات الزجاجية والطوب الزجاجى لتوفير الضوء والتحكم فيه سواء بالإعتام أو الحجب او الشفافية فى الكنائس والمستشفيات , في البداية كانت تشكل البلاطات كأشكال مربعة مسطحة من الزجاج المشكل بطريقة يدوية ، ثم تطورت حتى أصبحت على شكل الطوب الزجاجى المعروف المنتج بطريقة الكبس ، ثم تطورت الطوبة المجسمة فأصبحت تأخذ أشكالاً زخرفية ونحتاً بارزاً أو غائراً على سطحها الذى يسمح للضوء بالتشتت مما يعطى أشكالاً جميلة متلئلئة بالضوء وحجب الرؤية بطريقة بسيطة لضمان أكثر خصوصية.

ثم تم تركيبها في هياكل وإطارات من الصلب في شكل سقوف متوسطة مما سمح للأسطح الكبيرة لتصبح شفافة. وإن باختراع الخرسانة المسلحة والذي استخدم مونيه الطوب الزجاجية فى الخرسانة المسلحة لأول مرة فى عام 1867 , وأصبح تصنيع الطوبة الزجاجية بواسطة الماكينة بدلاً من الطريقة اليدوية التقليدية. وفي عام 1903 بدأ باستخدام آلة " لوبر" الأولى لتصنيع الطوبة الزجاجية فتح آفاقا جديدة للزجاج لاستخدامه كوحدة معمارية واسعة النطاق فى مجالات عديدة.

في عام 1904، بنى يواكيم وهو مهندس معمارى فرنسى أول قبة من الخرسانة والبلاطات الزجاجية، وفي عام 1907 قدم فريدريش كيبلرFriedrich Keppler وهو مؤسس ورئيس شركة لوكسفر بريسمن جيسيلزشافت Luxfer-Prismen-Gesellschaft طلباً للحصول على براءة اختراع للطوب الزجاجى المصممته من حوالى 4 إلى 6.5 سم سمك، ليتم تركيبها في هياكل دعم للخرسانة المسلحة. وفي العام التالي، تقدم يواكيم بطلب للحصول على براءة الاختراع الفرنسية "Le béton armé translucide“.

ثم تطور الطوب الزجاجى فأصبح مجوفاً ومفرغاً واستخدم فى عمل الفواصل والقواطيع الثابته العمودية، والتى عرضت ميزة عزل الضوضاء والتحكم فيه والعزل الحراري بالمقارنة مع الطوب الزجاجى المصمت.

وكانت أشكال الطوبة الزجاجية المجوفة التي شُكلت مثل الزجاجات التى تكون بدون رقبة وإبزيم للفوهة neck less bottles تجمع مع بعضها بواسطة لاصق مثل السيلكون لسد الفراغات ولتجميع البلاطة وجعلها معزولة من الداخل. كان يراعى الدقة فى اللصق والتجميع في مثل هذه الطريقة، وأن يجب وجود منطقة جوفاء كانت مغلقة بإحكام معزولة عن

1- www.glassblocks.co.uk History of glass blocks /

الهواء الخارجي. ولكن نادرا ما يمكن منع التكثيف تماما. كما عانت هذه البلاطات الأولى من أوجه القصور في الإنتاج مثل سماكة الجدار المختلفة وزوايا رقيقة فى أجزاء أخرى.

ولكن تم تطوير إنتاج البلاطات لتصبح أكثر قوة وصلابة تنتج بواسطة الآلات من قبل لوكسفر بريسمن جيسيلزشافت Luxfer-Prismen-Gesellschaft وكذلك سيمنز Siemens في دريسدن. وتتكون منتجاتها أساسا من بلاطات زجاجية مجسمة ومجوفة مفتوحة (mouth-blown glass) تشبه الطوب المعتاد في الحجم والشكل. ألبيرت جيرر Albert Gerrer في مولهوز كان في نفس الوقت لا يزال يصنع الطوب الزجاجى المنفوخ بالفم والتي كانت مغلقة وتبرد مع المكابس الزجاج الصغيرة. شكلها لا يزال يشبه ذلك من النماذج السداسية الشكل.[2]

لم يكن حتى عام 1930 يوجد تطوير فى إنتاج وشكل البلاطة الزجاجية والتي كانت أسهل للعمل، ثم أنتج فى ذلك الوقت بلاطة كورنينج ستيوبن الزجاجية The Corning-Steuben block، التي تتكون من نصفين من الزجاج المقاوم للحرارة التي ضغطت معا عن طريق آله الكبس ثم جمعت معا بالحرارة العالية، ولا يزال يتم إنتاج الطوب الزجاجى الحديث وفقا لطريقة الإنتاج هذه، وهي أن تنتج البلاطة على جزءين بواسطة ماكينة الكبس، ثم تجمع معا تحت درجات حرارة عالية لإنتاج بلاطة مفرغة من الداخل ومعزولة أيضا.



شكل رقم (1) يوضح شكل الطوبة الزجاجية فالكونير Falconnier ، لعام 1886 (صورة من متحف الفن الحديث، قسم الهندسة المعمارية والتصميم)

ثانيا: أنواع الطوب الزجاجى:

1- الطوب الزجاجي المجوف.Hallow Glass Blocks

2- الطوب الزجاجي المصمت Solid Glass Blocks.

الطوب الزجاجي المجوف Hallow Glass Blocks:

هو عبارة عن بلاطات مجسمة من الزجاج الشفاف أوالملون تنتج عن طريق الكبس على جزءين، ثم تجمع معا بالحرارة لتصبح مفرغة من الداخل ومعزولة أيضا يطلق عليها الطوب لأن طريقة تركيبها وبنائها تشبه طريقة تركيب وبناء الطوب العادى مع إختلاف بعض الخامات المستخدمة فى البناء لتناسب الزجاج. ومنه الزجاج المرسوم والمنحوت على السطح أيضا، يصنع من نصفين مجوفين وقد التصق بعضهما ببعض فى درجة حرارة عالية جدا.

يعد طوب البناء الزجاجى عازلاً جيد جدا للحرارة وللبرودة بسبب الفراغ المملوء بهواء ساكن بالداخل. يرص الطوب الزجاجى فوق بعضه مثل الطوب العادى وذلك لعمل جدارن توفر الخصوصية والجمال، ولكنها لا تحجب ضوء الشمس لذلك تبعث على النشاط صباحا والاسترخاء ليلا.

---

www.glassblocks.co.uk 1- /History of glass blocks

توصيف شكل الطوب الزجاجى:

هو عبارة عن قوالب زجاجية مزدوجة مفرغة مصممة بشكل فني بارز أو غائر أو مستوية الشكل ويوجد منه كثير من الألوان.



شكل رقم (2) يوضح بعض الأشكال والنماذج المشهورة من الطوب الزجاجى المجوف ويتضح فيها أشكال الزخارف

كيف يتم صناعة وتشكيل الطوب الزجاجى:

1- يتم إحضار جميع المواد اللازمة او الداخلة فى صناعة هذا الطوب من رمل (سيلكا) وصودا(أكيد صوديوم) وجير(كربونات كالسيوم) ويتم خلطهم جيدا مثل صناعة الزجاج العادى [3].

2- تصهر هذه المكونات على درجة حرارة عالية جداً تصل لأكثر من 1200 ° درجة مئوية.

3- يصب الزجاج المصهور فى القوالب المعدة لإنتاج الطوبة الزجاجية المفرغة والمكونة من جزءءين متصلين وملتصقين.

4- يعرض القالب للكومبرسور أى ضاغط الهواء مع الكبس لفترة لا تزيد عن الثوانى المعدودة ليأخذ الشكل المطلوب ثم يوضع القالب فى فرن التبريد ثم يجرى بعد ذلك عمليات الكي بالنار واللحام للجزء المفرغ الناتج من عملية النفخ بالهواء.

عيوب الطوب الزجاجى:

وهي وحدة بناء الشكل وهو المربع الثابت حيث إنه لايتغيرفى أى من تصميمات الطوب الزجاجى المختلفة، الإختلاف فى الألوان والتصميم البارز أو الغائرعليه فقط حيث إن بتغير شكل المربع أو المكعب بأى شكل آخر يعطى تنويعاً فى الاشكال الخارجة فى التركيب المختلفة وإستخدامات أكثر فى المجالات المختلفة فإن عمل شكل المربع للطوب الزجاجى يشبه إلى حد كبير مخترعى التليفون الموبايل والتليفزيون منتجيه لم يغيروا فى شكل المستطيل بل يقوموا بالتعديل عليه وعلى انحناءاته وسمكه وحوافه فقط.



شكل رقم (3) يوضح الشكل الخارجي للموبايل وهو المستطيل

3 - Benn Gleason, Peter Wachtel, J. David Musgraves, 2010, using design of experiments to improve precision [3] glass molding.

مع تطور التكنولوجيا فى الوقت المعاصر تم الابتعاد عن الشكل المربع أو المكعب للطوبة الزجاجية مع زيادة الملامس وطرق التركيب المختلفة فأصبح الطوب الزجاجى يمكن أن يركب بأكثر من طريقة ونظام تركيب غير نمطي.

وأصبح وجود أشكال هندسية جديدة مثل الشكل السداسى والخماسي والنجمى والهرمى والدائرة والشكل البيضاوى والقرصى وأيضا ظهرت بعد الاشكال المركبة من أكثر من شكل هندسى.











شكل رقم (4) يوضح مجموعة صور لأشكال حديثة من البلاطات مجوفة من الطوب الزجاجى مختلفة عن الشكل النمطى المربع

مقاسات الطوب الزجاجى:



شكل رقم (5) يوضح مقاسات الطوب الزجاجى

ثانيا: نظم التركيب للقواطيع والفواصل من الطوب الزجاجى

طريقة تركيب الطوب الزجاجى:

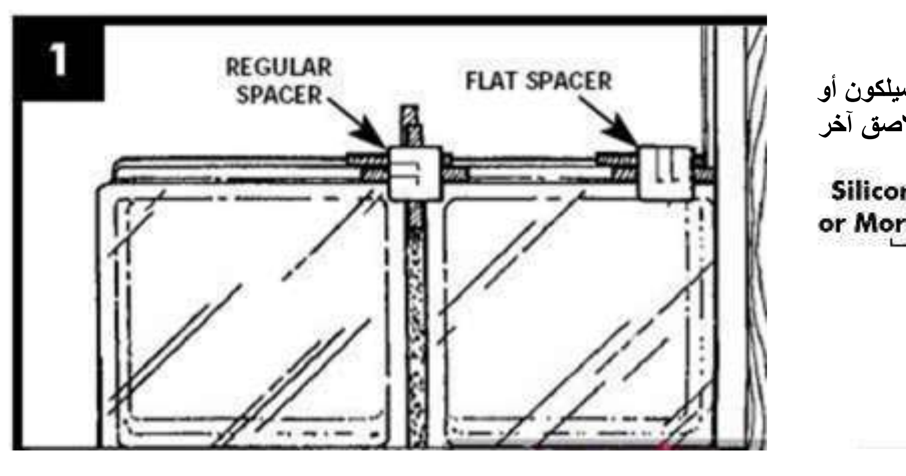
يثبت داخل قواطع من هيكل جاهز مصنع من مادة إم دي اف MDF يمكن تركيب أو تغيير الزجاج فى خلاياه تقريبا مثل طريقة البازل حيث تتشابك حسب الحاجة والذوق ومتطلبات التصميم والزخرفة.

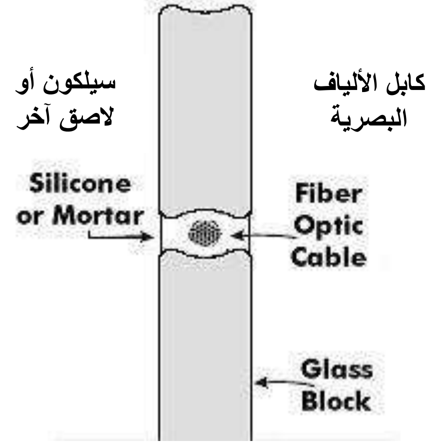
كما صممت له عدد من الإطارات الخارجية من نهو خشبى مزخرف أحيانا ويقطع الهيكل حسب مساحات القواطع المطلوبة.

ويوجد طريقين رئيسين مختلفيين وهما:

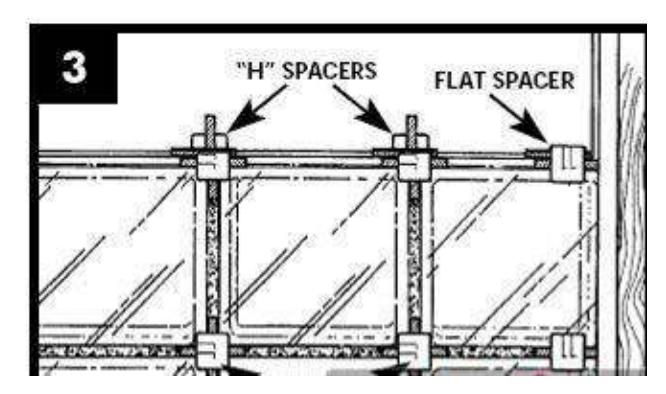
الطريقة الأولى: ويستخدم فيها المونة المكونة من الأسمنت الأبيض والكوارتز والمثبته فيما بينها بأسياخ من الحديد المجلفن بمقاس 3-6سم حسب المطلوب.

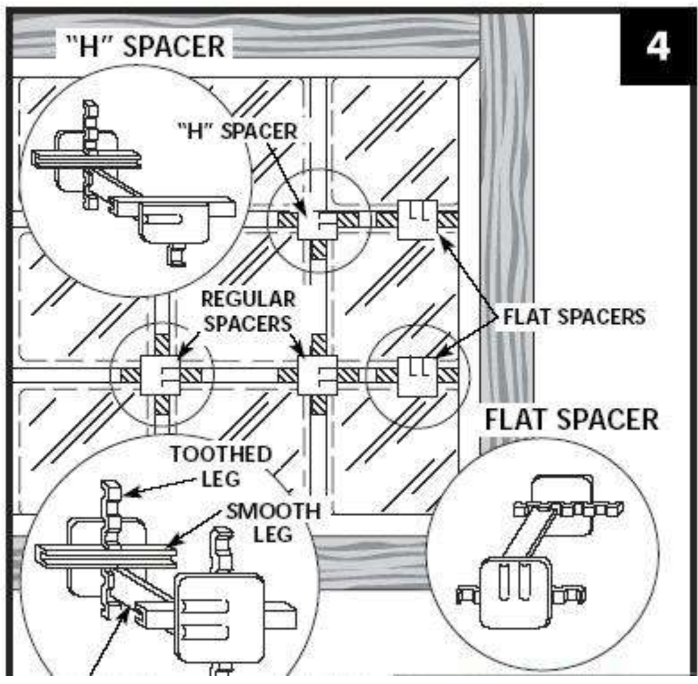
الطريقة الثانية: والتى يتم فيها استخدام اللاصق المطاطى (السيلكون) وألواح من الفلين المقوى أو شرائح من الالمونيوم.



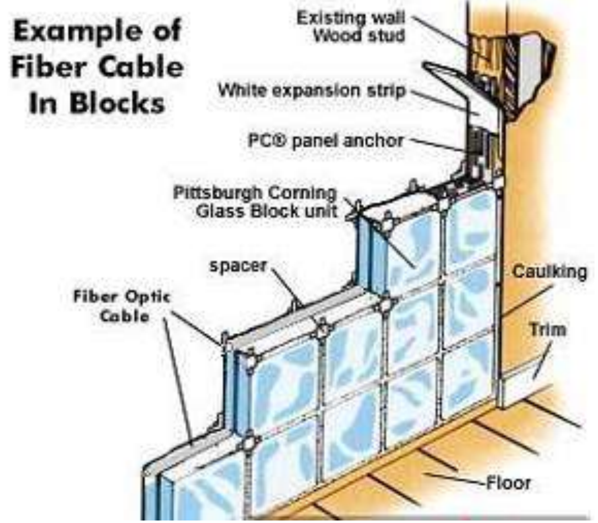


طوبة زجاجية



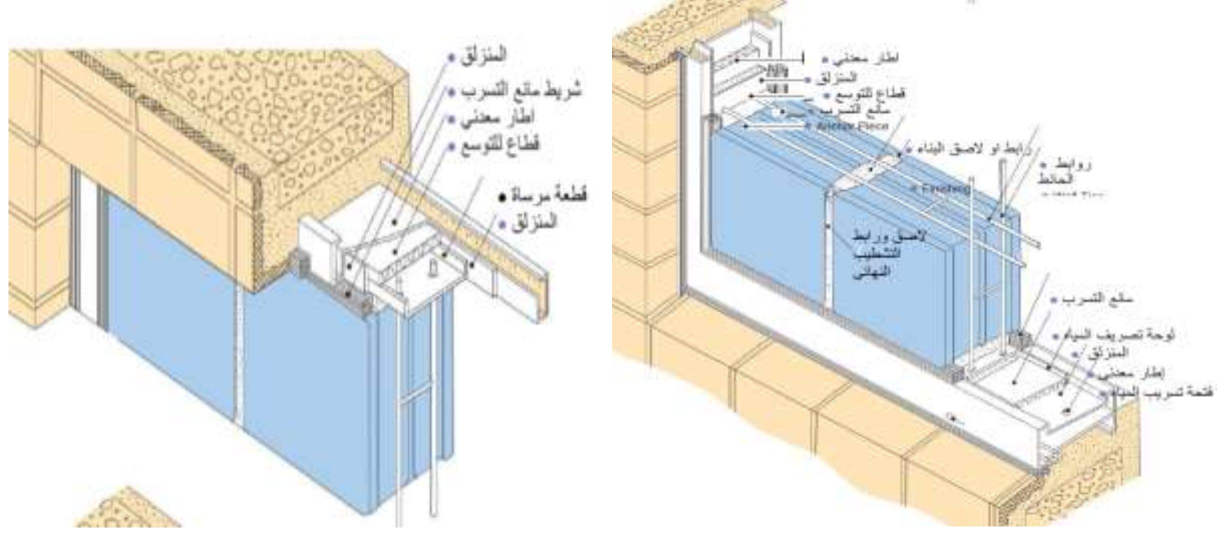


شكل رقم (6) توضح إحدى طرق تركيب الطوب الزجاجى بالخطوات



شكل رقم (7) توضح شكل وطريقة تركيب الطوب الزجاجى بالحائط

طريقة تركيب جدار من الطوب الزجاجى بالحائط بواسطة روابط من الحديد:



شكل رقم (8) يوضح رسم توضيحى لطريقة تركيب جدار زجاجى بواسطة الروابط المعدنية بالحائط

نظام التركيب لجدار من الطوب الزجاجى بقطاعات من الألومنيوم:

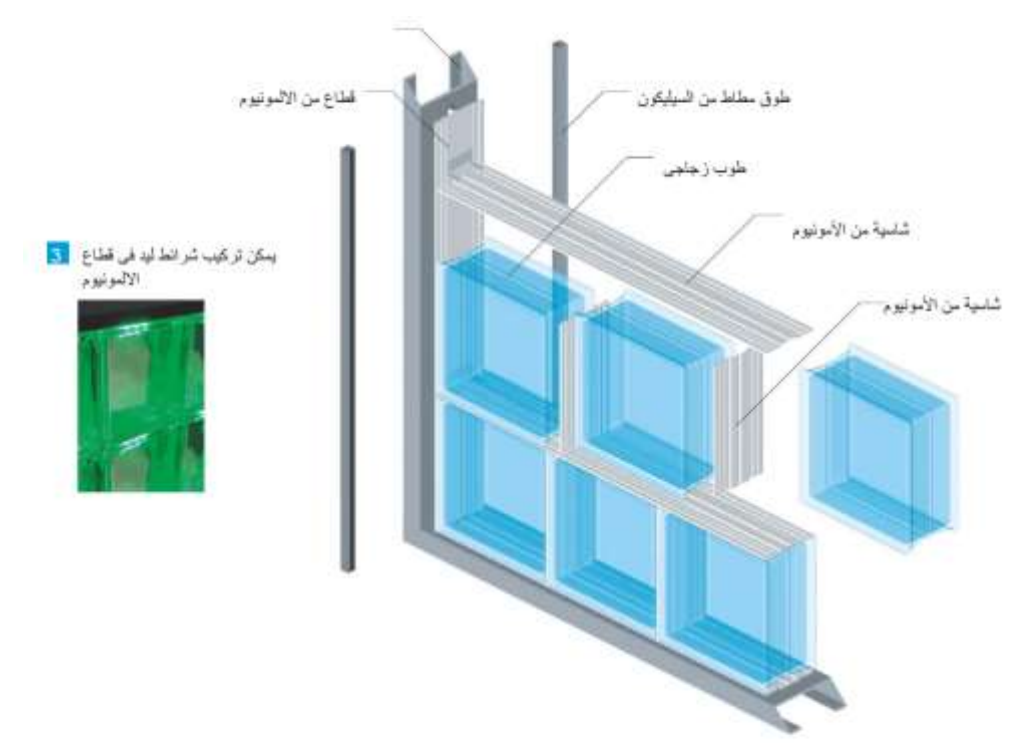
بدون رابط أو حلقات معدنية فقط بواسطة قطاع من الألومنيوم. -

- إنها أحدث نظام سهل التركيب من الطوب الزجاجى.





شكل رقم (9) يوضح صورة لحائط من الطوب الزجاجى المركب بواسطة قطاعات الألمونيوم



شكل رقم (10) يوضح رسماً توضيحياً لنظام التركيب لجدار من الطوب الزجاجى بقطاعات من الألمونيوم

تصميم فاصل من الطوب الزجاجى المضئ بألوان مختلفة:

شرائط الليد تدور حول الطوب الزجاجي كل وحدة بمفردها أنتجت بواسطة نظام جاف بدون رابط اولاصق مثل السيلكون، يضاء الحائط المكون من الطوب الزجاجى بالألوان الزجاجية المضيئة عند طريق شرائط الليد الملفوفة حول البلاطات الزجاجية بألوان تعطى إحساس الفضاء الخارجى. الصمام الذي يتم تثبيته في فواصل الألواح الزجاجية التي تتبنى النظام الجاف دون رابط، وينبعث الضوء إلى جانبي الطوب الزجاجى من خلاله.

الطوب الزجاجى المستخدم هو عبارة عن زجاج شفاف أبيض سمك 50 مم فى الفاصل الزجاجى ، لذلك يمكن التحكم فى الإضاءة المستخدمة بسهولة وبأكثر من لون إضاءة واحد، ويركب الطوب داخل شاسية من الألومنيوم المطلى.





شكل رقم (11) يوضح فاصل من الطوب الزجاجى المضئ بشرائط الليد فى مطعم بمدينة طوكيو باليابان ويتضح فيه تأثير تغيير اللون فى الاضاءة على الطوب الزجاجى وعلى المكان بشكل عام

حساب الجدران والفتحات المتوقعة (العرض / الارتفاع):

الجدران والحوائط المسطحة:

حساب حجم الجدار:

= (عدد الطوب × حجم الطوب)

+ (عدد المفاصل × حجم المفصل)

+ 2 محدد (4 سم على الأقل لكل منهما)

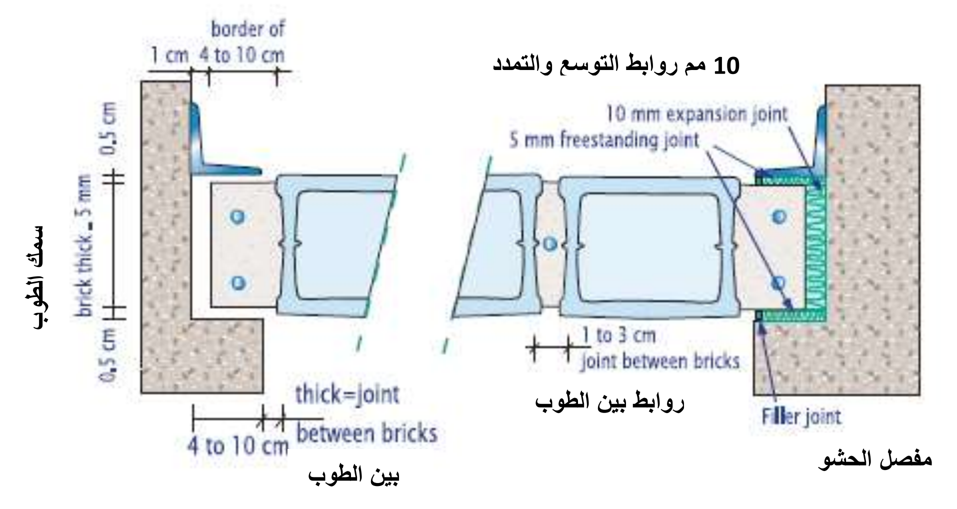
تحديد الحساب لخصم (التوسعات والتمددات)

= بعد ومقاسات الجدار(المساحة)

+ 2 سم للتوسع والتمدد

حساب المنحنيات

أخذ القياس على الجانب المقعر من المنحنى واستمر كما هو الحال في الجدار المسطح الزجاجى.



شكل رقم (12) يوضح كيفية حساب الجدران والفتحات المتوقعة (العرض / الارتفاع)

نظام بناء جدار زجاجى منحنى:

داخل دائرة نصف قطرها الحد الأدنى لبناء جدار منحنى لعمل المعادلات الحسابية عليها للتنفيذ

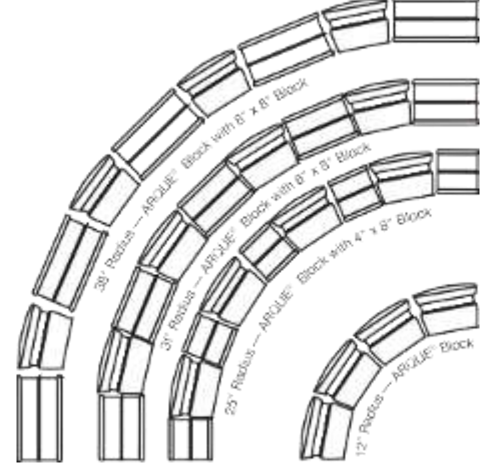
***ملاحظة:** 1- يُقترح فصل المساحات المنحنية عن المساحات المستوية بواسطة فواصل التمدد الوسيطة والدعامات، كما هو موضح في هذه الرسومات.

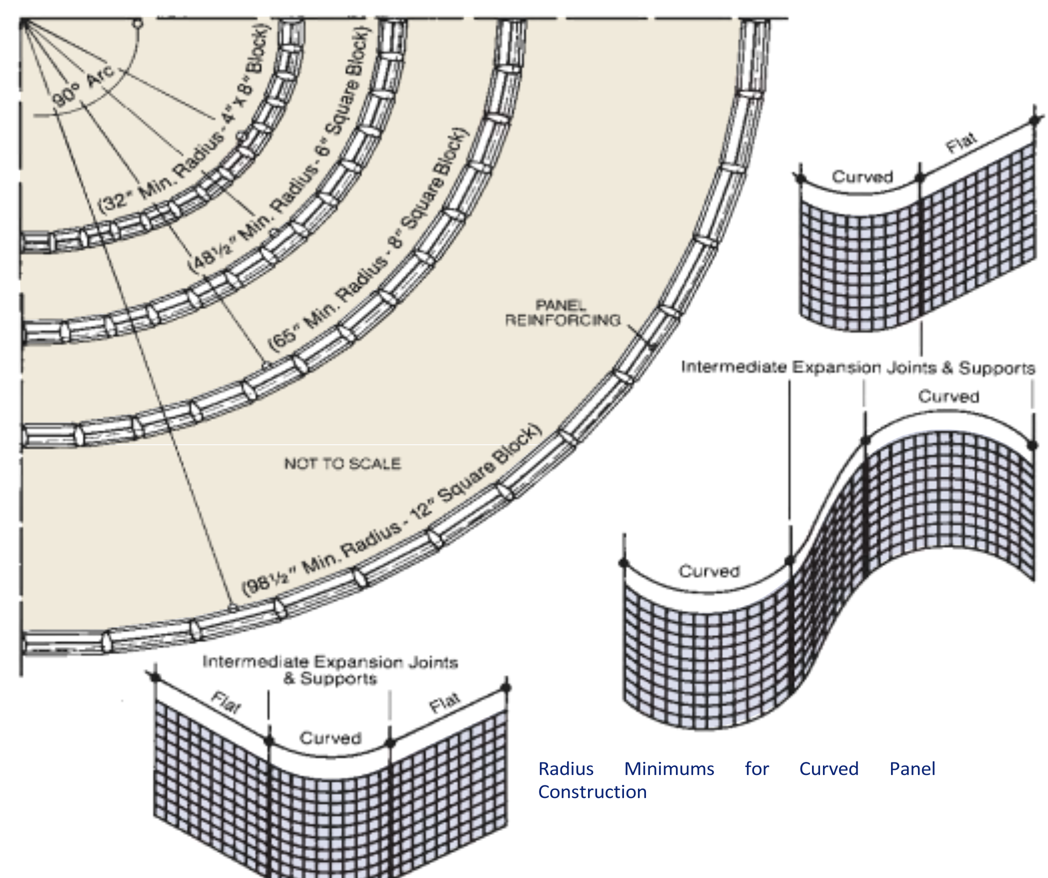
2. عند استخدام التسليح المستقيم الداعم للطوب فى التصميم من نوع السلم المدرج للجدران المنحنية ، قد يتم قطع السلك الموازي الأعمق بشكل دوري ويتم الثني لاستيعاب انحناء الجدار.[4]

[4] 5- http:// www. pittsburghcorning.com/ Catalogue/ Glass Block Products−04270 / 2018


جدول يوضح حساب المنحنيات لعمل الجدار المنحنى

سمك المفاصل في البوصة		عدد القطع في قوس 90°	داخل دائرة نصف قطرها / بوصة	مقاس الطوبة
الخارجى	الداخلى			
5/8	1/8	13	32	4" x 8"
5/8	1/8	13	48 1/2	6" x 6"
5/8	1/8	13	65	8" x 8"
5/8	1/8	13	98 1/2	12" x 12"





Radius Minimums for Curved Panel Construction

شكل رقم (13) يوضح شكل ونظام تركيب الجدار الزجاجى المنحنى

الطوب الزجاجي المصمت Solid Glass Blocks:

ينتج الطوب الزجاج المصمت وهو النوع الثانى للطوب الزجاجى عن طريق الصب داخل قوالب من الصلب المقاوم للصدأ ثم تبرد تبريداً سريعاً حتى لا تترتب الجزيئات لتكوين البللورات التى بالتالى تحول الزجاج الشفاف إلى آخر معتم غير مفضل.

ثم تؤخد الى فرن التبريد حتى التصلب ثم يقوم عليها بعدة عمليات تشطيب لتمام أخذ البلاطة شكلها النهائى المطلوب قبل الاستخدام



شكل (14) يوضح طريقة صب البلاطة الزجاجية المصمتة داخل القالب

طريقة التركيب: عن طريق:

1- طريقة التجميع بواسطة مادة لاصقة قوية محفزة للأشعة الفوق بنفسجية لتمام اللصق أو أى من مواد الإيبوكسيات القوية حتى لا تؤثر فى معامل التمدد الحرارى للزجاج ويحدث الكسر عند التجميع وتجمع مثل طريقة تجميع الطوب العادى .حتى تمام عمل الفواصل المطلوب.[5]

2- أو تجمع بواسطة عمل شاسيه من الألمونيوم أفقى ورأسي يوضع بداخل قطاعاته الطوب الزجاجى كحشوات.

3- أو تجمع بالمونة والأسمنت الأبيض مثل طريقة البناء العادية.



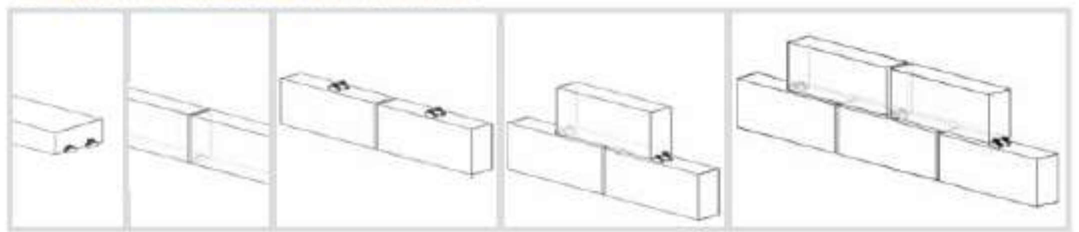
شكل (15) يوضح طريقة تركيب البلاطات داخل قطاعات الالومنيوم



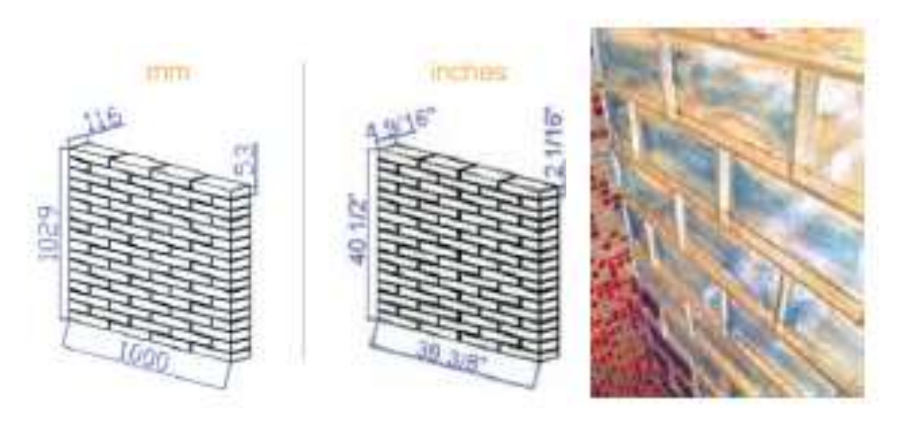
شكل (16) يوضح صور لبعض أشكال وأحجام البلاطات الزجاجية المصمتة

[5] 6 – www.CBDglassstudios.com / CBD-Glass-Bricks-Specs-20081 /2018





شكل (17) يوضح طريقة تركيب البلاطات الزجاجية المصمتة بواسطة المونة والأسمنت الأبيض



شكل (18) يوضح شكل الجدارالزجاجى بواسطة اللصق بالأشعة الفوق بنفسجية او بالسيلكون

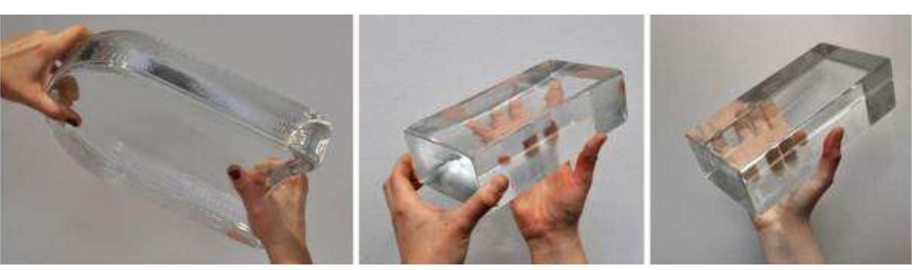
ثالثا: دراسة تحليلية لأحد انواع الطوب الزجاجى (الطوب الزجاجى المصممت):

المكان المنفذ فيه الجدار المكون بواسطة الطوب الزجاجى المصممت هو مبنى Chanel فى أمستردام بهولندا.

و ± 0.25 ملم هو مقاس او حجم التسامح والتفاوت المسموح فى أبعاد البلاطات والفرق بينهم فى التركيب؛ وقد أثر ذلك على اختيار وصفة الزجاج والقالب المستخدم. الطوب الزجاجي الصلب من أبعاد قابلة للمقارنة (200 مم × 300 مم × 70 مم)، ويستخدم زجاج البورسليكات والقوالب عالية الدقة للحصول على وحدات دقيقة للغاية. حيث زجاج البورسليكات يفضل على زجاج الصودا الجير؛ نظرا لكونها أقل كفاءة نسبيا من التمدد الحراري [3.2-4 × 10-6 / K] على زجاج الصودا والجير [9.1- 9.5 × 10-6 / K] . وهذا يؤدي إلى تقلص طبيعي أقل بكثير أثناء التبريد، وبالتالي إلى عنصر الصب من دقة الأبعاد أعلى. كما أن قالب الضغط العالي الدقة يحصر عنصر الصب على الأبعاد المطلوبة، عن طريق الضغط على الزجاج المنصهر خلال مرحلة التبريد السريع الأولية. وكان التفاوت المسموح فى الأبعاد الذي تحقق مع هذه الطريقة للطوب الزجاجي المذكور أعلاه ± 1.0 ملم بدون أية عمليات للماكينة؛ ومع ذلك في حالة الواجهات الكريستال، يتطلب المطلوب ± 0.25 ملم التسامح الميكانيكية ما بعد المعالجة من السطوح الأفقية (اللصق) للسطوح حتى فى زجاج البورسليكات. ولذلك تم اختيار الزجاج الصودا والجير وقوالب الدقة المفتوحة لتصنيع الطوب النهائي لتجنب زيادة لا لزوم لها في تكاليف التصنيع. الصودا الجير هو أقل تكلفة من الزجاج، ويتطلب درجة حرارة منخفضة أقل بكثير من

البورسليكات [درجة حرارة الانصهار حوالي 1200-1400 C◦ مقارنة 1400-1600 C◦]. فإن معامل التمدد الحراري العالي للصودا-الجير يتطلب وقتا أطول بكثير للتلدين وبالتالي زمن تصنيع المكونات. أما بالنسبة للكتلة الزجاجية البورسليكاتية التي يبلغ قطرها 70 مم × 200 مم × 300 مم في الأبعاد و8.4 كجم الوزن (كما هو مبين في الشكل 6)، يتطلب وقت التصلب من حوالي 20 ساعة لكل منهما في حين أن صودا الجير أصغر نسبيا.

ولضمان أن معامل التمدد الأعلى لزجاج الصودا والجير لن يؤدي إلى إجهاد حراري مفرط على الواجهة، فإن اتجاه الموقع المحدد، وارتفاع المباني المحيطة، وافتراض الحمل الحراري المستمر في الحمل في الشتاء والتبريد في الصيف من الداخل في تكييف الهواء، تم محاكاة الحرارة ونفاذية الضوء من الجدار. وأظهرت النتائج سلالات مقبولة (أقل من 14.3 × 10-3) لزجاج الصودا والجير الناتج بطريقة الصب حتى تحت أشد الظروف المناخية المتطرفة لأمستردام.



شكل رقم (19) يوضح الفرق بين بلاطة زجاج البوريسليكات والبلاطة من نوع زجاج الصودا جير

الربط وللصق:[6]

السمك مادة اللصق على الأسطح 0.2-0.3 ملم الأمثل للطبقة اللاصقة ذات الدقة القصوى في كل طبقة للبناء. في الطوب التقليدي الطوب يلعب دوراً مزدوجاً من الترابط واستيعاب التحمل في حجم الطوب. ومع ذلك، فإن عدم قدرة المادة اللاصقة المختارة على التعويض عن أي تناقضات الأبعاد في البناء يمكن أن يؤدي إلى تخالف متراكم في بضعة سنتيمترات في الارتفاع الكلي للواجهة، حتى عندما يكون التسامح المسموح به لكل عنصر زجاجي فقط ± 25.0 مم. للقضاء على تطور التقلبات في ارتفاع البناء، وضعت جميع الطوب الزجاج من صف جديد أسفل قبل الترابط. ثم يتم فحص سماكة المفصل الأفقي الناتج بين الطوب الذي تم وضعه والأعمدة المستعبدة أدناه بواسطة مقياس حساس. عندما يكون التماس أكبر من اقترح 0.25 ملم، يتم استبدال الطوب المقابلة مع واحد آخر أن يحقق اتصالاً أفضل في موقع معين. ثم يتم ترقيم الاختيار النهائي من الطوب لضمان تسلسل الترابط الصحيح.



شكل رقم (20) يوضح كيفية ازالة زيادة الربط واللصق والتنظيف وتحديد البلاطات

7 - https://www.mvrdv.nl/projects/240/crystal-houses\2018 [6]

في البداية، يتم فحص الطوب بصريا في الموقع عن أية عيوب، كما هو موضح في الشكل السابق. ثم يتم تنظيف الأسطح، ونشر كمية من المواد اللاصقة (انظر الشكل). لمنع أي تأثير شعري على طول وجوه عمودية من الطوب الزجاجي، الأشعة فوق البنفسجية شعاع ضوئى يستخدم لتصلب اللاصق السائل في حالة ظهورها على طبقات عمودية، فإنه يتعرض في البداية إلى انخفاض كثافة الأشعة فوق البنفسجية لمدة 5 ثوان في حين يتم الاحتفاظ بالطوب تحت الضغط. وقدم هذه الخطوة بداية المعالجة لأسباب عملية؛ لأن هذا علاج جزئي وأقوى فى اللزق الشفاف. يستقر الطوب الزجاجي في حين لا يزال يسمح للتفاوت والخروج من أي تجاوز للمادة اللاصقة. بعد التنظيف والتشطيب يوضع الألواح المعدة مسبقا وتجهيزها لتجمع مع بعضها لبناء الجدار الزجاجى.



شكل رقم (21) يوضح طريق الإنشاء والتحميل للتركيب



شكل (22) يوضح طريقة اللصق بين البلاطات وتعزيزها بالأشعة فوق البنفسجية



شكل (23) يوضح مراحل التركيب فى الواجهة للمبنى



شكل رقم (24) يوضح طريقة النقل والتجهيز للتجميع والتركيب فى واجهة المبنى



شكل رقم (25) يوضح طريقة وضع القرميد الحرارى السيراميكى متراصاً مع الطوب الزجاجى[7]

8- https://www.mvrdv.nl/projects/240/crystal-houses\2018 [7]



شكل رقم (26) يوضح صورة المبنى بعد التركيب النهائى للجدار المكون من الطوب الزجاجى

النتائج:

1- الوصول الى الفرق بين الطوب الزجاجى المصمت والمجوف واعتبارات إنتاج وطرق تركيب كل نوع عن طريق التالى:

	الطوب الزجاجى المجوف	الطوب الزجاجى المصمت
طريقة الانتاج	عن طريق الكبس فى ماكينة الكبس press (press method) mould machine	عن طريق الصب فى قالب من الصلب او الزهر (casting method)
وصف طريقة الإنتاج	يشكل على جزئين كل جزء يشكل بطريقة الكبس ثم تجمع بالحرارة معا وتعزل وتصبح مفرغة من الهواء فى الداخل لعزل الصوت والحرارة	يشكل عن طريق الصب جزء واحد وفى قالب فردى او يمكن ان تصب فى قالب وتسحب على شكل قضيب حديد لعدة أمتار ثم تقطع بمقاسات ثابته حسب مقاسها.

طريقة التركيب	طرق التركيب عديدة لهذا النوع ويوجد طريقتان رئيستان مختلفتان وهما: **الطريقة الأولى**: ويستخدم فيها المونة المكونة من الأسمنت الأبيض والكوارتز والمثبته فيما بينها بأسياخ من الحديد المجلفن بمقاس 3-6سم حسب المطلوب. **الطريقة الثانية** : والتى يتم فيها استخدام اللاصق المطاطى (السيلكون) وألواح من الفلين المقوى أو شرائح من الالمونيوم .	1- طريقة التجميع بواسطة مادة لاصقة قوية محفزة للأشعة الفوق بنفسجية لتمام اللصق او اى من مواد الايبوكسيات القوية حتى لا تؤثر فى معامل التمدد الحراري للزجاج ويحدث الكسر عند التجميع وتجمع مثل طريقة تجميع الطوب العادى. حتى تمام عمل الفواصل المطلوب. 2- أو تجميع بواسطة عمل شاسيه من الالمونيوم افقى ورأسي يوضع بداخل قطاعاته الطوب الزجاجى كحشوات ثم تعزل وتثبت بواسطة السيلكون .
مميزاته وعيوبه	1- لايحتاج للتشطيب والتلميع بعد الانتاج مباشرة 2- يعد عازلاً جيداً للحرارة بسبب الفراغ الذي يحتويه.	- يحتاج لتشطيب وتلميع بعد الإنتاج مباشرة. - يعد عازلاً جيداً للحرارة نسبيا بسبب الطلاء العازل على سطحة.

2- الإسهام فى توثيق وتجميع بيانات كاملة عن معايير انتاج وتركيب واستخدامات الطوب الزجاجى فى العمارة الحديثة وايضا اللواصق والأشكال البنائية الجديدة للطوب الزجاجى.

التوصيات:

- يوصي البحث باستكمال منهج الدراسة العلمية كدراسة تطبيقية لإثراء وتنويع محاور الدراسة لأساليب تصميم وإنتاج وتركيب الطوب الزجاجى.
- يوصى البحث بالاستفادة من مجال الدراسة النظرية كمنهجية تطبيقية لتنمية ورفع كفاءة الصناعات المصرية.

المراجع:

1- نبيل عمرو، المعالجات الجمالية لمسطحات الزجاج فى العمارة المعاصرة فى أوروبا وأمريكا، رسالة ماجستير، قسم التصوير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان ,2009 م.

- Nabil, Amr, almuealajat aljamaliat limusatahat alzujaj fa aleamarat almueasiraa fa uwrubba wa amrika, risalat majstir, qism altsweer, kuliyat alfnun altatbiqiat, jamieat helwan ,2009.

2- الخشاب، محمد. على، رشا محمد. رجب، فاطمة "الزجاج المرن ودوره المؤثر فى العمارة" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية العدد3

El khashab, Mohamed. Ali, Rasha Mohamed. Ragab, Fatma. “el zogag el maren w doroh el moaser fe el emara” Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania El adad 3

3- نظمى، حسام الدين "أثر تعدد تقنيات إعادة التشكيل الحرارى على إظهار خصائص (اللون – الشفافية – الملمس) فى الزجاج" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية العدد7

Nezami, hossam el din. “asar taadod teqnyat eadet el tshkil el Harari ala khasaes (el loun-el shfafya- el lams) fe el zogag” Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania El adad 7

2 - John Deegan Rochester, Precision Glass Molding Technical Brief, 2007.

3 - Benn Gleason, Peter Wachtel, J. David Musgraves, 2010, using design of experiments to improve precision glass molding.

4- Dzwierzynska J., 2016, Reconstructing Architectural Environment from a Perspective Image, Proceedings of World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning.

مواقع الإنترنت:

History of glass blocks / 2018 / www.glassblocks.co.uk–
Catalogue/ 2017 /www. sevesglassblock.com–
CBD-Glass-Bricks-Specs-20081 /2018 / www.CBDglassstudios.com–
http:// www.glass manufacture.com/2017–
http:// www. glassresource.com/ 2017-
http:// www.buildingindex.com/2019-
http:// www.glasswebsite.com/ 2017-
http:// www.glassmaking.com/ 2018-
https://www.mvrdv.nl/projects/240/crystal-houses\2018 -
http:// www. pittsburghcorning.com/ Catalogue/ Glass Block Products-04270 / 2018 -